



Armas radiactivas

Difundirían polvo radiactivo por las ciudades; cundiría el pánico, aumentaría el número de casos de cáncer y se necesitarían costosas descontaminaciones

Michael A. Levi y Henry C. Kelly

La explosión y la gran llamarada que la sigue son terribles, pero la mayoría de los residentes en el edificio están ausentes, en su trabajo; nadie resulta gravemente herido. Un desfile de coches policiales, ambulancias y camiones de bomberos se sube a los bordillos, acompañado de destellos de luces y resonar de sirenas. Los equipos de emergencia zigzaguean rápidamente entre fragmentos de escombros humeantes y se preparan para entrar en el edificio atacado.

De golpe, destella en el cuadro de sensores de un camión de bomberos una luz de alarma. "¡Los detectores de radiación se han disparado!", exclama el conmocionado jefe de bomberos. "¡Parece una bomba sucia!" La actividad cesa bruscamente y la alarma se extiende entre el personal de los distintos equipos. Lo que parecía un incendio normal es en realidad un ataque terrorista con un arma radiactiva.

Avisadas por radio, las agencias de control de desastres envían al lugar equipos de mitigación de radiaciones. El personal de rescate se pone rápidamente sus trajes protectores de vivos colores. Los agentes de policía, con máscaras antigás, comienzan a evacuar a los espectadores, pero la mayoría de los aterrados mirones ya se aleja corriendo, presas del pánico, con pañuelos sobre la boca.

El ingenio explosivo, con el aditamento de cesio radiactivo, ha liberado una nube de polvo tóxico. Cuando el viento la arrastra, la radiación cae sobre unas sesenta manzanas de la ciudad. Edificios, aceras, calles y vehículos no tardan en cubrirse de residuos radiactivos. Cuando los sistemas de ventilación de los edificios vecinos aspiran ese polvo, las personas inhalan pequeñas cantidades de partículas cancerígenas.

Tras permanecer deshabitadas y en cuarentena durante un corto período, las inmediaciones se convierten en el campo de trabajo de cuadrillas de operarios que descontaminan las superficies con aspiradoras, chorros de agua y otros aparatos; la limpieza se prolongará largo tiempo.

El incidente ha causado pocos daños personales, la mayoría por accidentes de tráfico durante el frenético éxodo. Los residentes, medrosos, se niegan a volver. Los ingresos de los negocios y los valores inmobiliarios se desploman. Hay que demoler algunos edificios cercanos a la zona cero. El costo final se eleva a decenas de miles de millones de euros.

Situaciones así podrían ser una realidad en un futuro no muy lejano. Defendernos de la amenaza de las armas radiactivas se ha convertido en una cruel necesidad. Los componentes y conocimientos necesarios para preparar una bomba sucia están al alcance de cualquiera. El arresto a principios del 2002 del simpatizante de Al Qaeda José Padilla (Abdullah al Muhajir) bajo la sospecha de que tramaba construir y hacer estallar una bomba sucia nos indica el interés en construir esa arma.

Un arma radiactiva, o bomba sucia, no es sino un tosco dispositivo compuesto de explosivos ordinarios, tales como TNT o una mezcla de fuel-oil y fertilizante, a los que se han añadido materiales de intensa radiactividad. Los explosivos generan un golpe de calor que

CATHERINE McINTYRE

1. VIENTO MALIGNO: El mayor peligro de una bomba sucia no es el estallido en sí, sino las partículas radiactivas que proyecta al aire.

vaporiza o convierte en aerosol el material radiactivo y lo dispersa por una zona muy extensa.

Los expertos en armas consideran que las bombas radiactivas, pese a su pobreza técnica, pueden ser efectivas y producir unos daños psicológicos tremendos, habida cuenta del miedo popular a las radiaciones invisibles. Armas de desestructuración masiva, que no de destrucción masiva, esos ingenios causarían grandes estragos económicos al convertir sus objetivos en zonas prohibidas durante largos períodos. Nunca se han usado las bombas radiactivas, sobre todo porque durante mucho tiempo se las ha considerado inapropiadas para fines militares: su efecto se demora demasiado y resultan demasiado impredecibles para decidir una batalla.

Aunque en principio parezca bastante sencillo, construir y desplegar uno de esos ingenios es difícil. No se trata sólo de envolver un cartucho de dinamita con materiales robados. Un arma tan chapucera se limitaría a esparcir grandes trozos de material; se reduciría la zona afectada y facilitaría la descontaminación. Eso sí, una bomba sucia es mucho más fácil de ensamblar que un arma nuclear, aunque se requiere de todas maneras una pericia considerable. Un problema importante es que el constructor podría exponerse fatalmente a isótopos radiactivos. Pero una dosis mortal de radiación quizá tarde semanas en surtir efecto; no disuadiría a unos suicidas.

Hormigón armado radiactivo

En centenares de aplicaciones médicas, industriales y académicas se emplean materiales muy radiactivos. Sólo en EE.UU., hay del orden de dos millones de fuentes de radiación ionizante, miles de las cuales son de buen tamaño. Sus usos comprenden la destrucción de bacterias en los alimentos, la esterilización de productos farmacéuticos, la aniquilación de células cancerosas, la inspección de soldaduras, la prospección petrolífera y la investigación en física e ingeniería nuclear. Durante las décadas de 1960 y 1970, el gobierno federal propició la distribución de isótopos del plutonio para la investigación. Gran parte de ese material sigue allá adonde fue a parar porque el gobierno estadounidense no ha estado dispuesto a pagar su recuperación.

Hay fuentes de radiación ionizante —el cobalto 60, el cesio 137, el iridio 197— que emiten rayos gamma; otras, así el americio 241 y el plutonio 238, producen partículas alfa. Esos materiales suelen ser caros. Las autoridades supusieron siempre que sus propietarios ya se cuidarían, por razones económicas, de no dejarlos al alcance de los ladrones. Los responsables políticos no pensaban que fuese necesaria una mayor vigilancia de esas sustancias; nadie se arriesgaría a exponerse a los niveles de radiación letales que producen.

Pese a esas garantías, en chatarrerías, vehículos y domicilios, tanto en EE.UU. como en Europa, se han hallado abandonadas cantidades de material suficientes para construir bombas sucias. Según un estudio reciente de la Comisión Reguladora Nuclear de EE.UU. (NRC), desde 1996 la industria y las instalaciones de investigación americanas han perdido la pista de casi 1500 aparatos que contenían piezas radiactivas; muchas bastarían para una bomba sucia. La mitad aún no se han recuperado. A principios del año pasado, se encontró en una planta de reciclado de acero, entre la chatarra, una fuente radiactiva. Hace varios años, una cantidad de cesio radiactivo pasó, sin que lo detectaran, por una instalación de recuperación de material; acabó fundida y moldeada como barras de acero para el hormigón armado.

En junio pasado, la Agencia de Energía Atómica declaró que casi todos los países del mundo disponen de los materiales radiactivos necesarios para construir una bomba sucia. Más de cien naciones carecen de los controles suficientes para evitar el robo de esos materiales. Un caso: a fines de 2001, dos leñadores resultaron irradiados en la ex república soviética de Georgia por un generador radiotérmico (una fuente grande de estroncio 90 radiactivo) que hallaron en los bosques y emplearon como calefactor. En 1995 los rebeldes chechenos sembraron el miedo al dejar en un parque de Moscú un recipiente blindado de cesio 137 (sustraído de un equipo de tratamiento del cáncer); informaron del lugar a los periodistas rusos. Ocho años antes, unos chatarreros irrumpieron en una clínica oncológica abandonada de Goiâna (Brasil) y robaron un aparato médico que contenía cesio radiactivo. A esa fuente estuvieron expuestas unas 250 personas, de las que ocho enfermaron y cuatro murieron. El incidente produjo 3500 metros cúbicos de desechos radiactivos —suficientes para cubrir un campo de fútbol hasta la altura de las caderas— y dejó devastada la economía local.

BOMBAS SUCIAS Y BOMBAS NUCLEARES

A veces se confunden las armas radiactivas con las armas nucleares

UNA BOMBA SUCIA es una suerte de dispositivo elemental donde el TNT o el fuel-oil y explosivos de fertilizantes se combinan con materiales muy radiactivos. La bomba, una vez detonada, vaporiza o se convierte en aerosol y lanza al aire los isótopos tóxicos.

Explosivos detonantes
Materiales radiactivos

UNA BOMBA DE FISION es un mecanismo más complejo, que se basa en la creación de una reacción nuclear en cadena desbocada en el uranio 235 o el plutonio 239. Un tipo de bomba de fisión consta de un conjunto de largos conos de plutonio apuntados hacia dentro, rodeados por un caparazón de explosivo detonante. Cuando detonan, los explosivos producen una onda de choque implosiva que dispara los trozos de plutonio sobre una esfera que contiene una pastilla de berilio/polonio en su centro; así se crea la masa crítica. La consiguiente reacción de fisión hace que la bomba estalle con una fuerza tremenda; proyecta al aire ondas electromagnéticas y partículas radiactivas de alta energía.

Explosivos detonantes
Núcleo de berilio/polonio
Componentes de plutonio
Armadura pesada

SARA CHEN

Efectos de la radiación

Además de problemas sanitarios agudos —el mal de radiación—, los materiales radiactivos producen cáncer. Cuantificar los niveles de irradiación peligrosos es difícil; no se conocen con certeza sus efectos concretos sobre la salud.

Los efectos de la radiación suelen medirse en rem. Todos recibimos alrededor de un cuarto de rem al año por exposición a las fuentes naturales, comprendidos los rayos cósmicos y el uranio de los lechos graníticos. En general, las personas sometidas a 100 o más rem desarrollan radiopatías y requieren una atención médica inmediata. La mitad de las personas expuestas a 450 rem muere en un plazo de 60 días. Incluso dosis inferiores aumentan el riesgo de contraer cáncer. Por término medio, si 2500 personas se exponen a sólo un rem, una de ellas morirá de cáncer inducido.

Científicos y legisladores hace tiempo que debaten sobre los niveles de exposición tolerables. Las normas federales prohíben que los trabajadores sometidos a irradiación reciban más de cinco rem al año. La Agencia de Protección Ambiental de EE.UU. (EPA) recomienda abandonar las zonas contaminadas si las medidas descontaminadoras no reducen el riesgo añadido de muerte por cáncer a un caso por cada 10.000 personas, aproximadamente. Ese riesgo añadido equivale a 25 radiografías de tórax en toda la vida o a una exposición a la radiación cósmica en Denver (en el interior, como contraposición a estar en la orilla del mar) durante tres años. Como regla, la NCR fija un umbral menos exigente, equivalente a un incremento del riesgo de muerte por cáncer de uno entre quinientos a lo largo de 50 años. Pero tales estimaciones son discutibles, pues no hay estadísticas aceptables que muestren en qué cuantía aumenta el cáncer como consecuencia de unos niveles de irradiación bajos. Hoy en día, los expertos evalúan los peligros de la exposición suponiendo que la probabilidad de desarrollar un cáncer disminuye en proporción a la radiación recibida. Presuponen también que no hay un nivel mínimo inocuo.

EFECTOS DE LA RADIACION SOBRE EL CUERPO HUMANO

LOS RAYOS ALFA generan mutaciones genéticas; las células se dividen rápidamente y convierten en cancerosas. Las partículas suspendidas en el aire que emiten rayos alfa se alojan en los pulmones, donde dañan los tejidos internos y causan tumores.

Los rayos gamma, que penetran en el cuerpo, también producen mutaciones genéticas y cáncer.

Nube radiactiva en la ciudad

Para entender las repercusiones potenciales de una bomba sucia, examinamos toda una gama de ataques verosímiles. Estudiamos cómo se dispersaría la radiación en diversas situaciones hipotéticas y calculamos la extensión de las zonas cuya contaminación sobrepasaría distintos umbrales de irradiación. Nos servimos del código informático HOTSPOT, desarrollado en el Laboratorio Nacional Lawrence de Livermore, que simula los movimientos de las partículas radiactivas. Los resultados del modelo los combinamos seguidamente con datos experimentales y teóricos sobre los efectos de la radiación para evaluar los riesgos relativos a la salud y la contaminación.

Una dispersión simulada depende de todo un conjunto de variables, entre las que se cuentan la hora del día, el tiempo atmosférico, la velocidad del viento y los métodos de dispersión. Así, unos vientos intensos esparcen los materiales sobre zonas más extensas y reducen la contaminación en cada punto concreto. Para asegurarnos de que nuestras conclusiones no eran sólo el resultado de unas condiciones iniciales específicas, ejecutamos el programa para más de 100 situaciones

Los autores

MICHAEL A. LEVI y HENRY C. KELLY, físicos, trabajan para la Federación de Científicos Americanos (FCA), una organización para la investigación y defensa legal con sede en Washington que se interesa por la ciencia y la política pública. Levi dirige el Proyecto de Seguridad Estratégica de la FCA y sus investigaciones se centran en la no proliferación nuclear y en la política de armas nucleares. Kelly es presidente de la FCA. Antes de ingresar en ésta, fue director ayudante para la tecnología en la Oficina de Ciencia y Técnica de la Casa Blanca entre 1993 y 2000. Los autores expresan su agradecimiento a Jaime Yassif, de la FCA, por haberles ayudado en la investigación.



2. UN PENACHO MALSANO de desechos radiactivos se extiende sobre la isla de Manhattan tras la detonación simulada de una bomba sucia de cesio radiactivo (se supone que sopla viento del sudoeste). En las zonas resaltadas cabría esperar unos niveles de irradiación comparables a los que causaron el aislamiento de las regiones contaminadas en torno a la central nuclear de Chernobil.

de dispersión diferentes. Dada una fuente radiactiva concreta, las variaciones en las condiciones ambientales alteraron nuestras estimaciones como mucho en un factor de 10. Ese intervalo de error no afecta a las conclusiones básicas, aunque sólo sea porque los distintos factores tienden a compensarse unos a otros. Por cada factor que podría reducir a la mitad las consecuencias de una bomba, hay otro que las duplicaría.

Si las personas próximas a una explosión no abandonan la zona antes de que llegue la nube, inhalarán pequeñas partículas. Por incidentes pasados, sabemos que si el material es un emisor alfa, americio o plutonio por ejemplo, se alojará en los pulmones de las víctimas durante años e inducirá una irradiación a largo plazo. Pero si a los evacuados se los descontamina sin perder tiempo, con una limpieza concienzuda de la piel y deshaciéndose de las ropas contaminadas, la exposición total será mínima.

El polvo producido por un arma radiactiva permanecería atrapado durante largos períodos en las grietas y resquicios de los edificios, aceras y calles; parte sería arrastrado a los interiores. Ciertos materiales que podrían emplearse en un ataque radiactivo, como el cesio 137, se unen químicamente al vidrio, hormigón y asfalto. Más de 15 años después de la catástrofe de la central nuclear de Chernobil, sucedida en 1986, el cesio sigue adherido a las aceras de numerosas ciudades escandinavas, adonde lo llevó el viento. Por suerte, la exposición a las radiaciones que manan del suelo es bastante baja; aumentan el riesgo de cáncer en menos de un caso por cada 10.000 personas.

Si el material contiene emisores alfa, los riesgos para la salud a largo plazo proceden de respirar el polvo radiactivo suspendido en el aire por el viento, por los neumáticos, por los peatones. En Kiev, a más de 100 kilómetros de Chernobil, el polvo de las calles aún contiene bajos niveles de plutonio. Si el material que quedase en la zona contuviera cesio 137 u otros emisores gamma, todos los que entrasen en ella se expondrían a una radiación de baja energía que, a diferencia de los rayos alfa, traspasa la ropa y la piel.

Consideremos la dispersión de 3500 curios de cesio 137 a causa de una explosión en la punta sur de la isla de Manhattan. Fuentes capaces de liberar tal radiación han quedado “huérfanas” en la ex Unión Soviética; recientemente, EE.UU. ha destinado 25 millones de dólares para seguir, junto con Rusia, la pista a esos materiales. A unos terroristas que se hubiesen hecho con una fuente de ese tipo les sería difícil manejarla; se necesitaría cierto blindaje para que el constructor de la bomba no recibiese una irradiación que lo dejara incapacitado. Pero el cesio ya estaría en forma pulverulenta; no sería muy difícil dispersarlo.

Si se hiciera estallar una fuente así, resultarían contaminados, con un nivel superior a lo marcado por la EPA, unos 800 kilómetros cuadrados. El desastre no tendría la magnitud del de Chernobil; en total liberaría menos radiación, y ninguna en la forma de isótopos potentes de corta duración, como el yodo 131. Pero por lo estratégico del blanco, los estragos serían considerables. En un área de unas 20 manzanas, el riesgo de morir de cáncer aumentaría entre los residentes (si no se descontaminase esa zona) en un caso por cada diez en 30 años, un aumento del 50 por ciento sobre la tasa de fondo. La contaminación de una zona más extensa, de 15 kilómetros cuadrados —entre 4 y 20 kilómetros cuadrados, según las condiciones atmosféricas— sobrepasaría el umbral de reubicación recomendado por la Comisión Internacional de Protección

SARA CHEN (*arriba*); YUN JAI-HYOUNG *AP Photo* (*abajo*)



3. UNA LIMPIEZA COSTOSA sigue a la explosión de una bomba sucia. Operarios con trajes protectores friegan las superficies con chorros de agua o arena y aspiradoras para eliminar los residuos dañinos, además de retirar las plantas y la tierra contaminadas.

Radiológica, aceptado por la NRC. Si esas normas se relajaran y el umbral de reubicación fuese el mismo que se aplicó en torno a Chernobil, la parte afectada aún sería del orden de 100 manzanas. Se calcula que su valor inmobiliario llega a los centenares de miles de millones de dólares.

Métodos de descontaminación

Nunca se ha eliminado contaminación urbana radiactiva a gran escala porque hasta ahora nadie ha tenido que ocuparse de las consecuencias de un ataque radiactivo. Nuestros conocimientos actuales de cómo depurar una zona urbana se basan en la experiencia adquirida con operaciones industriales a escala más reducida y en los estudios de la época de la guerra fría acerca de las secuelas de una guerra nuclear.

Para empezar, la limpieza habría de eliminar la contaminación libre, o sea, las partículas de polvo radiactivo depositadas en las superficies o alojadas en los intersticios. Para ello bastaría con unas técnicas mecánicas no demasiado costosas, como la aspiración o el lavado a presión. En materiales más porosos donde el polvo nocivo hubiera penetrado hondo se necesitarían procedimientos de eliminación superficial más invasivos y caros, como atacar el material con chorros de arena. En algunos casos, habría que levantar aceras y asfaltado. Tal vez no quedaría más remedio que acarrear la capa superior del suelo lejos del lugar, para deshacerse de ella adecuadamente. Quizá habría que podar la vegetación. Para disolver la herrumbre y los depósitos minerales donde hubiesen quedado atrapados contaminantes tendrían que emplearse agentes químicos, ácidos.

Para que el proceso no se desboque, puede que haya que reconsiderar las directrices sobre contaminación. Las estrictas normas de la EPA son adecuadas en tiempos de paz; se redactaron (tras una consulta pública) con la intención de imponer límites a las industrias contaminadoras. Ante la posibilidad de tener que abandonar distritos de una ciudad, quizá deberíamos aceptar un mayor peligro. Cabría adoptar las directrices de la NRC, que obligan a limpiar toda zona donde la contaminación produzca una irradiación mayor que cinco rem a lo largo de 50 años, lo que aumenta el riesgo de muerte por cáncer en un caso por 500 personas (equivalente a reducir en unos 15 días la esperanza de vida de cada persona). O bien, cabría exigir la limpieza de todas las zonas donde la contaminación multiplique por más de dos la tasa de radiación de fondo.

Medidas protectoras

Para reducir los riesgos de las armas radiactivas y minimizar los efectos si tuviera lugar un ataque, pueden tomarse numerosas medidas prácticas cuyo costo no sería demasiado grande. La primera es asegurarse de que los materiales mismos son seguros. La NCR y otras agencias federales están endureciendo tanto la concesión de licencias para acceder a los materiales radiactivos como las pautas de seguridad de cualquier producto peligroso. Las inspecciones deben ser frecuentes y concienzudas. Es necesario ampliar los programas de recogida y salvaguarda de los materiales no usados, llevar más allá iniciativas como el exitoso Proyecto de Recuperación de Fuentes Externas de Los Alamos.

Debe, además, financiarse la investigación encaminada a encontrar técnicas menos peligrosas (los haces iónicos, por ejemplo) que proporcionen la esterilización alimentaria y los servicios médicos y de otra especie que ahora brindan los materiales radiactivos. Si aumentan las exigencias de seguridad, se encarecerá el uso de los materiales radiactivos y habrá incentivos económicos para adoptar las alternativas no radiactivas.

La medida siguiente sería mejorar nuestra capacidad de dar con materiales robados. Convendría que EE.UU. instalase un extenso dispositivo de sistemas de detección de radiaciones en puntos clave: aeropuertos, puertos, estaciones de ferrocarril, túneles, autopistas, fronteras. Ya se está en ello: en el corredor Boston-Nueva York-Washington y en el perímetro de la capital se están instalando detectores de radiación de los Equipos de Investigación de Emergencias Nucleares, del Departamento de Energía. Unas comprobaciones rutinarias en las chatarrerías y en los vertederos protegería también ante un vertido ilegal o accidental de materiales peligrosos. En aplicaciones como éstas, son innecesarios los detectores de alta sensibilidad; podrían comprobarse todos los materiales a la entrada de cada instalación (no parece probable que fuera a haberlos blindados). Bastaría con unos contadores Geiger sencillos y baratos.

Debemos, asimismo, asegurarnos de que el gobierno esté preparado para mitigar las repercusiones de cualquier arma radiactiva que se llegara a utilizar. Una reacción eficaz ante un ataque requiere un sistema que

Qué hacer en caso de ataque

En caso de que se produzca un incidente con armas radiactivas, tómense las siguientes medidas básicas:

Si se encuentra usted en un interior, cierre las ventanas y apague toda ventilación procedente del exterior. Así evitará la entrada de partículas radiactivas. Aunque las máscaras filtrantes son útiles en el exterior, dentro de las casas no ofrecen una protección extra.

Si se encuentra usted al aire libre, métase en un interior, lávese y deshágase de la ropa. Así eliminará las partículas radiactivas. Puede que arrastre consigo una pequeña cantidad de residuos radiactivos, pero compensa ese peligro el beneficio de estar a cubierto. Permanezca así hasta que las autoridades o el personal de los servicios de emergencia informen de otra cosa. Si la gente empieza a huir del lugar afectado, será más difícil contener la contaminación y desplazar eficazmente el personal y los equipos de emergencia.

Las tabletas de yodo no sirven de nada: no es probable que las bombas sucias (a diferencia de cuando se funde un reactor nuclear) liberen yodo radiactivo.

calibre rápidamente la extensión de los daños, ponga en marcha las respuestas adecuadas, desarrolle un plan de reacción coherente y traslade velozmente al lugar el personal y los equipos necesarios. Para aliviar los temores, las autoridades federales deberían designar un único funcionario, científicamente creíble, que informara con coherencia acerca del ataque.

Todo esto requiere un entrenamiento intenso. El personal de emergencias y hospitales necesita saber cómo debe proteger a los ciudadanos afectados y protegerse a sí mismo durante un ataque nuclear; también ha de ser capaz de determinar sin dilación si un individuo ha estado expuesto a la radiación. Aunque se han dedicado fondos generosos para la instrucción, se necesita una concepción clara de cómo va a gestionarse.

Finalmente, hemos de aprender a descontaminar zonas urbanas extensas y a determinar las medidas necesarias para minimizar la contaminación. Podría suponer la diferencia entre abandonar o demoler una ciudad, o recuperarla tras unos meses de limpieza.

Aunque los efectos de un ataque radiactivo son leves comparados incluso con los de un arma nuclear pequeña, una bomba sucia podría tener unas consecuencias económicas y psicológicas implacables. Por suerte, el estudio de la naturaleza de los peligros que comportaría nos da la oportunidad de tomar medidas que reduzcan la probabilidad de que estalle una de esas bombas o minimicen los daños si llega a ocurrir. Hay que empezar ahora mismo.

Bibliografía complementaria

MAKING THE NATION SAFER: THE ROLE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY IN COUNTERING TERRORISM. Comité de Ciencia y Tecnología, Consejo Nacional de Investigación, 2002.

SECURING NUCLEAR WEAPONS AND MATERIALS: SEVEN STEPS FOR IMMEDIATE ACTION. M. Bunn, J. Holdren y A. Weir. Harvard University Press, 2002.

INVESTIGACION y CIENCIA

Enero de 2003 Número 316

SECCIONES